



BRUECKNER, et al Q77546
A SUBSCRIBER DEVICE FOR A HIGH-
PERFORMANCE COMMUNICATION SYSTEM
Filed: April 16, 2004
SUGHRUE, MION 202-293-7060
2 of 2

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 34 148.6
Anmeldetag: 26. Juli 2002
Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft,
München/DE
Bezeichnung: Teilnehmer für ein hochperformantes
Kommunikationssystem
Priorität: 17.10.2001 DE 101 50 672.4
IPC: H 04 L, G 06 F

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 31. Juli 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident

Im Auftrag

Sieck

Beschreibung

Teilnehmer für ein hochperformantes Kommunikationssystem

- 5 Die Erfindung betrifft einen Teilnehmer für ein Kommunikationssystem, insbesondere ein Ethernet und / oder Real-time Ethernet Kommunikationssystem, zum Senden und Empfangen von Datentelegrammen sowie ein Kommunikationssystem und ein Kommunikationsverfahren.

10

Unter einem synchronen, getakteten Kommunikationssystem mit Äquidistanz-Eigenschaften versteht man ein System aus wenigstens zwei Teilnehmern, die über ein Datennetz zum Zweck des gegenseitigen Austausches von Daten bzw. der gegenseitigen Übertragung von Daten miteinander verbunden sind. Dabei erfolgt der Datenaustausch zyklisch in äquidistanten Kommunikationszyklen, die durch den vom System verwendeten Kommunikationstakt vorgegeben werden.

15

- 20 Ein äquidistanter deterministischer zyklischer Datenaustausch in Kommunikationssystemen basiert auf einer gemeinsamen Takt- bzw. Zeitbasis aller an der Kommunikation beteiligten Komponenten. Die Takt- bzw. Zeitbasis wird von einer ausgezeichneten Komponente (Taktschläger) zu den anderen Komponenten übertragen. Bei isochronem Real-time-Ethernet wird der Takt bzw. die Zeitbasis von einem Synchronisationsmaster durch das Senden von Synchronisationstelegrammen vorgegeben.

25

- Teilnehmer sind beispielsweise zentrale Automatisierungsgeräte, Programmier-, Projektierungs- oder Bediengeräte, Peripheriegeräte wie z.B. Ein-/ Ausgabe-Baugruppen, Antriebe, Aktoren, Sensoren, speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) oder andere Kontrolleinheiten, Computer, oder Maschinen, die elektronische Daten mit anderen Maschinen austauschen, insbesondere Daten von anderen Maschinen verarbeiten. Teilnehmer werden auch Netzwerkknoten oder Knoten genannt.

30

35

Unter Kontrolleinheiten werden im folgenden Regler- oder Steuerungseinheiten jeglicher Art verstanden, aber auch beispielsweise Switches und/oder Switch-Controller. Als Daten-netze werden beispielsweise Bussysteme wie z.B. Feldbus, Pro-
5 fibus, Ethernet, Industrial Ethernet, FireWire oder auch PC-interne Bussysteme (PCI), etc., insbesondere aber auch isochrones Real-time Ethernet verwendet.

Datennetze ermöglichen die Kommunikation zwischen mehreren
10 Teilnehmern durch die Vernetzung, also Verbindung der einzelnen Teilnehmer untereinander. Kommunikation bedeutet dabei die Übertragung von Daten zwischen den Teilnehmern. Die zu übertragenden Daten werden dabei als Datentelegramme verschickt, d.h. die Daten werden zu mehreren Paketen zusammengepackt und
15 in dieser Form über das Datennetz an den entsprechenden Empfänger gesendet. Man spricht deshalb auch von Datenpaketen. Der Begriff Übertragung von Daten wird dabei hier synonym zur oben erwähnten Übertragung von Datentelegrammen oder Datenpaketen verwendet.

20 In verteilten Automatisierungssystemen, beispielsweise im Bereich Antriebstechnik, müssen bestimmte Daten zu bestimmten Zeiten bei den dafür bestimmten Teilnehmern eintreffen und von den Empfängern verarbeitet werden. Man spricht dabei von
echtzeitkritischen Daten bzw. Datenverkehr, da ein nicht
rechtzeitiges Eintreffen der Daten am Bestimmungsort zu unerwünschten Resultaten beim Teilnehmer führt, im Gegensatz zur nicht echtzeitkritischen, beispielsweise inter- bzw. intra-netbasierten Datenkommunikation. Gemäss IEC 61491, EN61491
30 SERCOS interface - Technische Kurzbeschreibung (http://www.sercos.de/deutsch/index_deutsch.htm) kann ein erfolgreicher echtzeitkritischer Datenverkehr der genannten Art in verteilten Automatisierungssystemen gewährleistet werden.

35 Automatisierungskomponenten (z.B. Steuerungen, Antriebe,...) verfügen heute im Allgemeinen über eine Schnittstelle zu einem zyklisch getakteten Kommunikationssystem. Eine Ablaufe-

ne der Automatisierungskomponente (Fast-cycle) (z.B. Lageregelung in einer Steuerung, Drehmomentregelung eines Antriebs) ist auf den Kommunikationszyklus synchronisiert. Dadurch wird der Kommunikationstakt festgelegt. Andere, niederperformante
5 Algorithmen (Slow-cycle) (z.B. Temperaturregelungen) der Automatisierungskomponente können ebenfalls nur über diesen Kommunikationstakt mit anderen Komponenten (z.B. Binärschalter für Lüfter, Pumpen,...) kommunizieren, obwohl ein langsamerer Zyklus ausreichend wäre. Durch Verwendung nur eines
10 Kommunikationstaktes zur Übertragung von allen Informationen im System entstehen hohe Anforderungen an die Bandbreite der Übertragungsstrecke.

Für die Prozesssteuerung und -überwachung in der automatisierten Fertigung und insbesondere bei digitalen Antriebstechniken sind sehr schnelle und zuverlässige Kommunikationssysteme mit vorhersagbaren Reaktionszeiten erforderlich.

In der deutschen Patentanmeldung DE 100 58 524.8 ist ein System und ein Verfahren zur Übertragung von Daten über schaltbare Datennetze, insbesondere das Ethernet, offenbart, das einen Mischbetrieb von echtzeitkritischer und nichtechtzeitkritischer, insbesondere Inter- bzw. Intranet basierter Datenkommunikation erlaubt. Dies ermöglicht sowohl eine echtzeitkritische (RT; Real-Time) als auch eine nicht echtzeitkritische Kommunikation (NRT; Non-Real-Time) in einem schaltbaren Datennetz, bestehend aus Teilnehmern und Koppereinheiten, beispielsweise eines verteilten Automatisierungssystems, durch einen zyklischen Betrieb.

In einem so genannten Übertragungszyklus existiert für alle Teilnehmer und Koppereinheiten des schaltbaren Datennetzes jeweils wenigstens ein Bereich zur Übermittlung echtzeitkritischer und wenigstens ein Bereich zur Übermittlung nicht
35 echtzeitkritischer Daten, wodurch die echtzeitkritische von der nicht echtzeitkritischen Kommunikation getrennt wird. Da alle Teilnehmer und Koppereinheiten immer auf eine gemeinsame

Zeitbasis synchronisiert sind, finden die jeweiligen Bereiche zur Übermittlung von Daten für alle Teilnehmer und Koppereinheiten jeweils zum selben Zeitpunkt statt, d.h. die echtzeitkritische Kommunikation findet zeitlich unabhängig von der

5 nicht echtzeitkritischen Kommunikation statt und wird deshalb nicht von dieser beeinflusst. Die echtzeitkritische Kommunikation wird im Voraus geplant. Einspeisen der Datentelegramme beim originären Sender sowie deren Weiterleitung mittels der beteiligten Koppereinheiten erfolgt zeitbasiert. Durch Zwischen-

10 speicherung in den jeweiligen Koppereinheiten wird erreicht, dass zu beliebiger Zeit auftretende, spontane, internetfähige, nicht echtzeitkritische Kommunikation in den für die nicht echtzeitkritische Kommunikation vorgesehenen Übertragungsbereich eines Übertragungszyklus verschoben und auch

15 nur dort übertragen wird.

In der genannten Anmeldung ist die Ausprägung eines prinzipiellen Aufbaus eines Übertragungszyklus der in zwei Bereiche aufgeteilt ist, beispielhaft dargestellt. Ein Übertragungs-

20 zyklus ist in einen ersten Bereich, der zur Übertragung echtzeitkritischer Daten vorgesehen ist, und einen zweiten Bereich, der zur Übertragung nicht echtzeitkritischer Daten vorgesehen ist, aufgeteilt. Die Länge des dargestellten Übertragungszyklus symbolisiert dessen zeitliche Dauer, die vor-

25 teilhafterweise je nach Anwendungszweck beispielsweise zwischen einigen Mikrosekunden und einigen Sekunden beträgt.

Die Zeitdauer eines Übertragungszyklus ist veränderbar, wird aber vor dem Zeitpunkt der Datenübertragung, beispielsweise

30 durch einen Steuerungsrechner wenigstens einmal festgelegt und ist für alle Teilnehmer und Koppereinheiten des schaltbaren Datennetzes jeweils gleich lang. Die Zeitdauer eines Übertragungszyklus und/oder die Zeitdauer des ersten Bereichs, der zur Übertragung von echtzeitkritischen Daten vor-

35 gesehen ist, kann jederzeit, beispielsweise zu vorher geplanten, festen Zeitpunkten und/oder nach einer geplanten Anzahl von Übertragungszyklen, vorteilhafterweise vor Beginn eines

Übertragungszyklus verändert werden, indem der Steuerungsrechner beispielsweise auf andere geplante, echtzeitkritische Übertragungszyklen umschaltet.

- 5 Darüber hinaus kann der Steuerungsrechner jederzeit im laufenden Betrieb eines Automatisierungssystems je nach Erfordernis Neuplanungen der Echtzeitkommunikation durchführen, wodurch ebenfalls die Zeitdauer eines Übertragungszyklus verändert werden kann. Die absolute Zeitdauer eines Übertra-
- 10 gungszyklus ist ein Maß für den zeitlichen Anteil, bzw. die Bandbreite der nicht echtzeitkritischen Kommunikation während eines Übertragungszyklus, also die Zeit, die für die nicht echtzeitkritische Kommunikation zur Verfügung steht. So hat die nicht echtzeitkritische Kommunikation beispielsweise bei
- 15 einer Zeitdauer der echtzeitkritischen Kommunikation von 350µs und einem Übertragungszyklus von 500µs eine Bandbreite von 30%, bei 10ms eine Bandbreite von 97%.

- Im ersten Bereich, der zur Übertragung echtzeitkritischer Daten vorgesehen ist, ist vor dem Senden der eigentlichen echtzeitkritischen Datentelegramme eine gewisse Zeitdauer zum
- 20 Senden von Datentelegrammen zur Organisation der Datenübertragung reserviert. Die Datentelegramme zur Organisation der Datenübertragung enthalten beispielsweise Daten zur Zeitsynchronisation der Teilnehmer und Koppereinheiten des Datennetzes und/oder Daten zur Topologieerkennung des Netzwerks.

- Nachdem diese Datentelegramme gesendet wurden, werden die echtzeitkritischen Datentelegramme gesendet. Da die Echtzeit-
- 30 kommunikation durch den zyklischen Betrieb im Voraus planbar ist, sind für alle zu übertragenden, echtzeitkritischen Datentelegramme eines die Sendezeitpunkte bzw. die Zeitpunkte für die Weiterleitung der echtzeitkritischen Datentelegramme vor Beginn der Datenübertragung bekannt, d.h. die Zeitdauer
- 35 des Bereichs zur Übertragung von nicht echtzeitkritischen Daten ist automatisch durch die Zeitdauer des Bereichs zur Übertragung von echtzeitkritischen Daten festgelegt.

Vorteil dieser Anordnung ist, dass jeweils nur die notwendige Übertragungszeit für den echtzeitkritischen Datenverkehr verwendet wird und nach dessen Beendigung die restliche Zeit automatisch für die nicht echtzeitkritische Kommunikation, beispielsweise für die nicht planbare Internetkommunikation bzw. andere nicht echtzeitkritische Anwendungen zur Verfügung steht. Besonders vorteilhaft ist, dass die Zeitdauer des Bereichs zur Übertragung von echtzeitkritischen Daten jeweils durch die verbindungsspezifisch zu übertragenden Daten bestimmt wird, d.h., die Zeitdauer der beiden Bereiche wird für jede einzelne Datenverbindung durch die jeweils notwendige Datenmenge der zu übertragenden echtzeitkritischen Daten bestimmt, wodurch die zeitliche Aufteilung der beiden Bereiche für jede einzelne Datenverbindung für jeden Übertragungszyklus verschieden sein kann.

Es wird jeweils nur die notwendige Übertragungszeit für den echtzeitkritischen Datenverkehr verwendet und die restliche Zeit eines Übertragungszyklus steht automatisch für die nicht echtzeitkritische Kommunikation, beispielsweise für die nicht planbare Internetkommunikation bzw. andere nicht echtzeitkritische Anwendungen für alle Teilnehmer des schaltbaren Daten-netzes zur Verfügung.

Da die Echtzeitkommunikation im Voraus entsprechend so geplant ist, dass das Ankommen der echtzeitkritischen Datentelegramme in den entsprechenden Koppereinheiten so geplant ist, dass die betrachteten, echtzeitkritischen Datentelegramme spätestens zum Weiterleitungszeitpunkt oder früher bei den entsprechenden Koppereinheiten ankommen, können die echtzeitkritischen Datentelegramme ohne zeitlichen Zwischenraum gesendet bzw. weitergeleitet werden, so dass durch das dicht gepackte Senden, bzw. Weiterleiten, die zur Verfügung stehende Zeitdauer bestmöglich genutzt wird. Selbstverständlich ist es aber auch möglich, bei Bedarf Sendepausen zwischen der Übertragung der einzelnen Datentelegramme einzubauen.

Die prinzipielle Arbeitsweise in einem geschalteten Netzwerk wird stellvertretend für ein beliebiges Netzwerk beispielhaft anhand von zwei Teilnehmern, beispielsweise einem Antrieb und einem Steuerrechner, mit jeweils integrierten Koppereinheiten und einem weiteren Teilnehmer ohne Koppereinheit, die durch Datenverbindungen miteinander verbunden sind, folgendermaßen erläutert.

Die Koppereinheiten besitzen jeweils lokale Speicher, die über interne Schnittstellen mit den Teilnehmern verbunden sind. Über die Schnittstellen tauschen die Teilnehmer Daten mit den entsprechenden Koppereinheiten aus. Die lokalen Speicher sind innerhalb der Koppereinheiten über die Datenverbindungen mit den Steuerwerken verbunden. Die Steuerwerke empfangen Daten bzw. leiten Daten weiter über die internen Datenverbindungen von bzw. zu den lokalen Speichern oder über eine oder mehrere der externen Ports. Durch Anwendung des Verfahrens der Zeitsynchronisation haben die Koppereinheiten stets eine gemeinsame synchrone Zeitbasis. Hat ein Teilnehmer echtzeitkritische Daten, so werden diese zum vorausgeplanten Zeitpunkt während des Bereichs für die echtzeitkritische Kommunikation über die entsprechende Schnittstelle und den lokalen Speicher vom entsprechenden Steuerwerk abgeholt und von dort über den vorgesehenen externen Port zur nächsten verbundenen Koppereinheit gesendet.

Sendet ein anderer Teilnehmer zur gleichen Zeit, also während der echtzeitkritischen Kommunikation, nicht echtzeitkritische Daten, beispielsweise für eine Internetabfrage so werden diese vom Steuerwerk über den externen Port empfangen und über eine interne Verbindung an den lokalen Speicher weitergeleitet und dort zwischengespeichert. Von dort werden sie erst im Bereich für die nicht echtzeitkritische Kommunikation wieder abgeholt und an den Empfänger weitergeleitet, d.h. sie werden in den zweiten Bereich des Übertragungszyklus, der für die spontane, nicht echtzeitkritische Kommunikation vorbehalten

ist, verschoben, wodurch Störungen der Echtzeitkommunikation ausgeschlossen werden.

5 Für den Fall, dass nicht alle zwischengespeicherten, nicht
echtzeitkritischen Daten während des, für die Übertragung der
nicht echtzeitkritischen Daten vorgesehenen Bereichs eines
Übertragungszyklus übertragen werden können, werden sie im
lokalen Speicher der entsprechenden Koppereinheit solange
10 zwischengespeichert, bis sie während eines, für die Übertra-
gung der nicht echtzeitkritischen Daten vorgesehenen Bereichs
eines späteren Übertragungszyklus übertragen werden können,
wodurch Störungen der Echtzeitkommunikation in jedem Fall
ausgeschlossen werden.

15 Die echtzeitkritischen Datentelegramme, die über entsprechen-
de Datenverbindungen über die externen Ports beim Steuerwerk
der zugehörigen Koppereinheit eintreffen, werden unmittelbar
über die entsprechenden externen Ports weitergeleitet. Dies
ist möglich, da die Echtzeitkommunikation im Voraus geplant
20 ist und deshalb für alle zu übertragenden, echtzeitkritischen
Datentelegramme Sende- und Empfangszeitpunkt, alle jeweils
beteiligten Koppereinheiten sowie alle Zeitpunkte für die
Weiterleitung und alle Empfänger der echtzeitkritischen Da-
tentelegramme bekannt sind.

25 Durch die im Voraus erfolgte Planung der Echtzeitkommunikati-
on ist auch sichergestellt, dass es auf den Datenverbindungen
zu keinen Datenkollisionen kommt. Die Weiterleitungszeitpunk-
te aller echtzeitkritischen Datenpakete von den jeweils be-
30 teiligten Koppereinheiten sind ebenfalls vorher geplant und
damit eindeutig festgelegt. Das Ankommen der echtzeitkriti-
schen Datentelegrammen ist deshalb so geplant, dass die be-
trachteten, echtzeitkritischen Datentelegramme spätestens zum
Weiterleitungszeitpunkt oder früher im Steuerwerk der ent-
35 sprechenden Koppereinheit ankommen. Damit ist das Problem von
Zeitunschärfen, die sich insbesondere bei langen Übertra-
gungsketten bemerkbar machen, eliminiert. Wie oben ausgeführt

ist folglich ein gleichzeitiger Betrieb von echtzeitkritischer und nicht echtzeitkritischer Kommunikation im selben schaltbaren Datennetz, sowie ein beliebiger Anschluss von zusätzlichen Teilnehmern an das schaltbare Datennetz möglich, ohne die Echtzeitkommunikation selbst störend zu beeinflussen.

Mit dem in der deutschen Patentanmeldung DE 100 58 524.8 beschriebenen Verfahren ist es möglich, Ethernet-basierte Kommunikationsnetze, insbesondere isochrone Ethernet-basierte Kommunikationsnetze aufzubauen, deren Teilnehmer sehr hochfrequent Datensätze austauschen und dem Anwender zur Verfügung zu stellen. Durch die Hardwareunterstützung ist dabei an der Anwenderschnittstelle ein Durchsatz möglich, der mit dem maximal möglichen Telegrammaufkommen der angeschlossenen Verbindungen Schritt halten kann. Zum Beispiel bei 4 angeschlossenen 100 Mbit Vollduplexverbindungen und Frames von 64 Bytes Länge ca. 1 000 000 Telegramme/s. Im Gegensatz dazu ist der Durchsatz von Software-/Kommunikationsstack-basierten Anwenderschnittstellen für spontane Kommunikation um mindestens 2 Größenordnungen kleiner.

Diese hohen Durchsatzraten sind aber nur für isochrone zyklische Kommunikation verfügbar, bei der auch auf der Empfangsseite vorausgeplante Empfangszeitpunkte von Telegrammen exakt eingehalten werden. Dies bedeutet, dass die Telegrammübertragung ein Netz voraussetzt, dass das in der deutschen Patentanmeldung DE 100 58 524.8 beschriebene Verfahren der zeitbasierten Durchschaltung beherrscht. Eine hochperformante Anwenderschnittstelle die auch mit existierenden Netzen mit adressbasierter Durchschaltung zusammenarbeiten kann, ist aber höchst wünschenswert.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde einen verbesserten Teilnehmer für ein Kommunikationssystem zu schaffen, der besonders hohe Datenraten ermöglicht. Ferner liegt der

Erfindung die Aufgabe zu Grunde ein entsprechendes Kommunikationssystem und ein Kommunikationsverfahren zu schaffen.

Die der Erfindung zu Grunde liegenden Aufgaben werden durch
5 die Merkmale der entsprechenden unabhängigen Patentansprüche jeweils gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Patentansprüchen angegeben.

Die vorliegende Erfindung erlaubt die Realisierung eines
10 hochperformanten Kommunikationssystems mit Telegrammraten, die zum Beispiel Anwendungen für die Real-time Kommunikation in Automatisierungssystemen ermöglichen. Von besonderem Vorteil ist hierbei, dass hierzu auf ein Standardkommunikationssystem wie zum Beispiel das Ethernet zurückgegriffen werden
15 kann. Für die hochperformante Kommunikation werden ein oder mehrere Teilnehmer mit einer erfindungsgemäßen Schnittstelle ausgerüstet. Dabei ist es nicht erforderlich, dass alle Teilnehmer des Kommunikationssystems eine solche Schnittstelle aufweisen. Dies hat den besonderen Vorteil, dass bereits existierende Teilnehmer weiter benutzt werden können.
20

Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung beinhaltet die Schnittstelle für die hochperformante Kommunikation
5 zumindest eines Teilnehmers des Kommunikationssystems eine Sendeliste, die Kontrolldatensätze beinhaltet. Jeder Kontrolldatensatz enthält Steuerinformation für ein Telegramm und die Beschreibung (Adresse, Länge) der Nutzdaten. Insbesondere enthält die Steuerinformation eine Kennung (Frame-ID) des zu sendenden Telegramms. Die Adresse gibt beispielsweise
30 den Speicherbereich der zu sendenden Nutzdaten an, die aus dem Kommunikationsspeicher des Teilnehmers abzurufen sind. Vorzugsweise wird die Sendeliste zyklisch wiederholend von dem Teilnehmer abgearbeitet.

35 Von besonderem Vorteil ist hierbei, dass basierend auf einem Kontrolldatensatz unmittelbar, das heißt „on the fly“, ein Datentelegramm generiert werden kann, da ein Kontrolldaten-

satz alle zur Generierung eines Datentelegramms benötigten Informationen beinhaltet. Vorzugsweise sind dies neben der Kennung des Datentelegramms auch weitere Header-Informationen.

5

Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird ein Kontrolldatensatz in eine Logik-Schaltung eingegeben, so dass die Logik-Schaltung mittels der Adresse auf die zu sendenden Nutzdaten zugreift und die Nutzdaten und die Kennung bzw. die weiteren Header-Informationen zu einem Datentelegramm verknüpft.

10

Von besonderem Vorteil ist dabei, dass nach Aktivierung der Sendeliste ein ganzer Satz von Datentelegrammen transferiert werden kann und zwar aufgrund der Kontrolldatensätze und der Hardware-Unterstützung durch die Logik-Schaltung mit einer sehr hohen Datenrate.

15

Entsprechend kann auch der Empfang von Datentelegrammen mit einer hohen Datenrate erfolgen. Auch dies ermöglichen Kontrolldatensätze, die vorzugsweise in dem zumindest einen Teilnehmer abgelegt sind. Ein empfangenes Datentelegramm wird aufgrund von dessen Kennung einem entsprechenden Kontrolldatensatz zugeordnet, der die Adresse für die Nutzdaten angibt. Auf dieser Adresse, zum Beispiel in dem Kommunikationsspeicher des Teilnehmers, können die Nutzdaten dann abgelegt werden.

20

25

Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung hat die Sendeliste Steuerdatensätze, die die Reihenfolge der Verarbeitung der Kontrolldatensätze in der Sendeliste bestimmen. Vorzugsweise sind ein oder mehrere Steuerdatensätze in der Sendeliste vorhanden. Die Steuerdatensätze bewirken bedingte Sprünge in der Sendeliste, um so die Abarbeitung der Kontrolldatensätze in der Sendeliste zu bestimmen.

30

35

Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden die Zyklen der Abarbeitung der Sendeliste gezählt und basierend hierauf die Bedingung für einen Sprung in der Sendeliste geprüft. Aufgrund dessen kann beispielsweise ein Sprung nur
 5 bei jedem n-ten Zyklus erfolgen, wobei n durch Maskierung von Bit-Positionen der Zyklusnummer wählbar ist.

Nach einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die Kontrolldatensätze für den Empfang gruppenweise gespeichert. Beim Empfang eines Datentelegramms wird zunächst
 10 ein Index gebildet, der die Gruppe der Kontrolldatensätze adressiert, die für das empfangene Datentelegramm in Frage kommt. Vorzugsweise wird der Index basierend auf der Kennung des Datentelegramms gebildet.

15

Im weiteren werden bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung mit Bezugnahme auf die Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

- Figur 1 ein Blockdiagramm einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Teilnehmers in einem Kommunikationssystem,
 20
- Figur 2 eine Sendeliste des Teilnehmers,
- Figur 3 eine Logik-Schaltung des Teilnehmers zur Erzeugung von zu sendenden Datentelegrammen,
- Figur 4 ein Blockdiagramm einer Schaltung zur Prüfung einer Sprungbedingung in der Sendeliste,
 25
- Figur 5 ein Blockdiagramm für die Zuordnung eines empfangenen Datentelegramms zu einem Kontrolldatensatz über einen Index.

30

Die Figur 1 zeigt einen Teilnehmer 100 eines Kommunikationssystems 102 mit dem weitere Teilnehmer 104, 106, 108, ... verbunden sind. Bei dem Kommunikationssystem 102 kann es sich beispielsweise um ein Standard-Ethernet handeln.

35

Der Teilnehmer 100 beinhaltet ein Anwendungsprogramm 110, das auf einen Speicher 112 des Teilnehmers 100 zugreifen kann.

Bei dem Speicher 112 kann es sich um einen sogenannten Kommunikationsspeicher handeln.

5 Ferner beinhaltet der Teilnehmer 100 ein Sende-Modul 114 und ein Empfangs-Modul 116. Das Sende-Modul 114 und das Empfangs-Modul 116 sind so ausgebildet, dass das Senden von Datentelegrammen von dem Teilnehmer 100 über das Kommunikationssystem 102 und das Empfangen von Datentelegrammen mit einer Datenrate erfolgt, die sonst nur bei der geplanten Echtzeitkommunikation erreichbar ist.

10 Bei dem Teilnehmer 100 kann es sich zum Beispiel um eine Kontrolleinheit in einem Automatisierungssystem handeln. Bei den Teilnehmern 104, 106, 108, ... kann es sich um weitere Kontrolleinheiten, sogenannte intelligente Antriebe, Aktoren, Sensoren oder andere Komponenten der Automatisierungstechnik handeln. Für die Echtzeitsteuerung oder Regelung eines solchen Automatisierungssystems ist eine hohe Datenrate für die Kommunikation zwischen den Teilnehmern erforderlich.

20 Zum Beispiel kann es sich bei den Teilnehmern 104, 106, 108, ... um Sensoren handeln, die zum Beispiel in Zeitabständen von einer Millisekunde Datentelegramme an den Teilnehmer 100 versenden. Der Teilnehmer 100 muss also in der Lage sein, die entsprechenden Datentelegramme zu empfangen und die Nutzdaten in dem Speicher 112 abzulegen. Entsprechend muss der Teilnehmer 100 die Teilnehmer 104, 106, 108, ... auch mit der entsprechenden Bandbreite adressieren können, insbesondere dann, wenn es sich bei den Teilnehmern 104, 106, 108, ... um eine Gleichlaufsteuerung mit verschiedenen Slave-Antrieben handelt.

30 Von besonderem Vorteil ist, dass auch Teilnehmer, die nur mit einer Standard-Ethernet Schnittstelle ausgerüstet sind, an das Kommunikationssystem 102 angeschaltet werden können. Ein weiterer Vorteil ist, dass die Teilnahme an dem Kommunikationssystem 102 keine zeitliche Synchronisierung der Teilnehmer

bzw. Switches mit einem, vom Verkehrsaufkommen unabhängigen Durchschaltverhalten voraussetzt. Es kann also ein erfindungsgemäßer Teilnehmer 100 beispielsweise an ein vorhandenes Standard-Ethernet angeschlossen werden, um eine Vergrößerung
5 des Datendurchsatzes zu erreichen.

Die Figur 2 zeigt eine Ausführungsform des Sende-Moduls 114 der Figur 1. Das Sende-Modul 114 hat ein Hardware-Register 118 zur Abspeicherung einer Einsprungsadresse auf den Beginn
10 einer Sendeliste 120. Die Sendeliste 120 ist aus Kontrolldatensätzen 122 aufgebaut; diese werden auch als Application Frame Control Word (ACW) bezeichnet. Ein Kontrolldatensatz 122 beinhaltet zumindest eine Adresse und eine Kennung. Durch die Kennung wird der Kontrolldatensatz 122 einem Datentele-
15 gramm zugeordnet, welches dieselbe Kennung hat. Die Adresse in dem Kontrolldatensatz 122 gibt die Speicheradresse für die Nutzdaten des Datentelegramms an. Zusätzlich kann der Kontrolldatensatz 122 weitere Header-Informationen für das Datentelegramm beinhalten.

20 Durch die Aneinanderreihung von Kontrolldatensätzen 122 wird also eine Sendeliste 120 gebildet, da jeder Kontrolldatensatz 122 der Sendeliste 120 ein zu sendendes Datentelegramm eindeutig spezifiziert. Die Sendeliste 120 wird von dem Teilnehmer 100 (vgl. Figur 1) beginnend mit dem ersten Kontrolldatensatz 122 der Liste sequentiell abgearbeitet. Nach vollständiger Abarbeitung der Sendeliste 120 wird wieder an den
25 Anfang der Sendeliste 120 zurückgekehrt, um die Sendeliste 120 erneut abzuarbeiten. Dieser Vorgang wird zyklisch wieder-
30 holt.

Neben den Kontrolldatensätzen 122 befinden sich in der Sendeliste 120 vorzugsweise Steuerdatensätze 124, die auch als End of Segment (EOS) bezeichnet werden. Ein Steuerdatensatz bein-
35 haltet eine Sprungsadresse zu einem anderen Steuerdatensatz 124 in der Sendeliste 120 oder zu einem Kontrolldatensatz 122 in der Sendeliste 120. Der Sprung zu der Sprungsadresse wird

nur ausgeführt, wenn eine Bedingung erfüllt ist, die ebenfalls in dem Steuerdatensatz 124 spezifiziert ist. Mittels der Steuerdatensätze 124 lässt sich also die Sendeliste 120 so programmieren, dass verschiedene Kontrolldatensätze 122 unterschiedlich häufig verarbeitet werden, so dass Datentele-
5 gramme mit verschiedenen Kennungen und verschiedenen Wiederholungsfrequenzen erzeugt werden können. Dies ist von besonderem Vorteil, wenn nicht alle Teilnehmer an dem Kommunikationssystem 102 (vgl. Figur 1) dieselbe hohe Datenrate benötigen bzw. verarbeiten können.
10

Die Figur 3 veranschaulicht die Erzeugung eines zu sendenden Datentelegramms 126 durch eine Logik-Schaltung 128 des Sende-Moduls 114. In die Logik-Schaltung 128 wird der aktuell zu
15 verarbeitende Kontrolldatensatz 122 der Sendeliste 120 (vgl. Figur 2) eingegeben. Aufgrund der in dem Kontrolldatensatz 122 beinhalteten Adresse greift die Logik-Schaltung 128 auf den Speicher 112 des Teilnehmers 100 (vgl. Figur 1) zu, um die entsprechenden Nutzdaten aus dem Speicher 112 auszulesen.
20

Diese Nutzdaten werden zusammen mit der in dem Kontrolldatensatz 122 beinhalteten Kennung sowie gegebenenfalls weiteren Header-Informationen zu dem Datentelegramm 126 zusammenge-
fügt, welches sodann von dem Teilnehmer 100 versendet werden kann. Von besonderem Vorteil ist hierbei, dass die Kennung und gegebenenfalls die weiteren Header-Informationen „on the
25 fly“ durch die Logik-Schaltung 128 zu den zu sendenden Nutzdaten hinzugefügt werden, so dass insbesondere zeitaufwendige Kopieraktionen vermieden werden können.
30

Die Figur 4 zeigt ein Ausführungsbeispiel für einen Steuerdatensatz 124 (vgl. Figur 2) und dessen Verarbeitung. Der Steuerdatensatz 124 beinhaltet eine Sprungadresse und eine Maske. Das Sende-Modul 114 (vgl. Figur 1) beinhaltet zur Auswertung
35 des Steuerdatensatzes 124 einen Zyklus-Zähler 130.

Der Zyklus-Zähler 130 wird nach jeder vollständigen Abarbeitung der Sendeliste 120 (vgl. Figur 2) inkrementiert. Beispielsweise hat der Zyklus-Zähler eine Breite von acht Bit. Die Maske in dem Steuerdatensatz 124 gibt an, welche der Bit-
5 Positionen des Zyklus-Zählers 130 für die Prüfung der Bedingung verwendet werden.

Beispielsweise lautet die Maske „00000111“, das heißt nur die drei niederwertigsten Bits des Zyklus-Zählers 130 werden für
10 die Auswertung verwendet. Die einzelnen Bits der Maske und des aktuellen Stands des Zyklus-Zählers 130 werden bitweise in dem Gatter 132 einer logischen UND Operation unterzogen. Die einzelnen Ausgänge des Gatters 132 werden dann in dem Gatter 134 einer ODER Operation unterzogen. Der Ausgang des
15 Gatters 134 ist also logisch „1“, wenn auch nur ein Bit der drei niederwertigsten Bits des aktuellen Zyklus des Zyklus-Zählers 130 logisch „1“ ist. Den Wert logisch „0“ erreicht der Ausgang des Gatters 134 nur dann, wenn die drei niederwertigsten Bits des Zyklus auf „000“ stehen. Dies ist nur bei
20 jedem achten Zyklus der Fall.

Ein Sprung zu der Sprungadresse, die in dem Steuerdatensatz 124 angegeben ist, erfolgt nur dann, wenn der Ausgang des Gatters 134 logisch „1“ ist, das heißt in allen Fällen, außer
bei einem Stand von „000“ auf den drei niederwertigsten Bits des Zyklus-Zählers 130. Die auf diese Art und Weise übersprungenen Kontrolldatensätze 122 werden also nur in jedem
achten Zyklus verarbeitet, so dass die entsprechenden Datensätze mit einer entsprechend verminderten Häufigkeit versendet werden. Nur diejenigen Kontrolldatensätze 122 in der Sen-
30 deliste 120, die nicht übersprungen werden, werden mit der vollen Wiederholhäufigkeit des Zyklus verarbeitet.

Die Figur 5 zeigt eine Ausführungsform des Empfangs-Moduls
35 116 der Figur 1. Das Empfangs-Modul 116 hat einen Index 140 sowie Gruppen 136, 138, ... von Kontrolldatensätzen 122. Die Kontrolldatensätze sind prinzipiell gleich aufgebaut, wie die

Kontrolldatensätze der Sendeliste 120 (vgl. Figur 2). Jeder der Kontrolldatensätze 122 hat eine Kennung für das dem betreffenden Kontrolldatensatz 122 zuzuordnende Datentelegramm. Diese Kennung wird auch als „FRAME-ID“ bezeichnet. Diese Kennung kann global eindeutig sein. Alternativ muss zusätzlich zu der Kennung noch die Zieladresse ausgewertet werden, die als MAC-SA bezeichnet wird.

Die Gruppierung der Kontrolldatensätze 122 erfolgt basierend auf den Kennungen. Wenn die Kennungen beispielsweise eine Länge von acht Bit aufweisen, so werden beispielsweise die niederwertigsten drei Bit der Kennung zur Bildung der Gruppen 136, 138, ... herangezogen, indem 2^3 solcher Gruppen entsprechend den 2^3 kombinatorischen Möglichkeiten für die Belegung der drei niederwertigsten Bits gebildet werden.

Beispielsweise beinhaltet die Gruppe 136 diejenigen Kontrolldatensätze 122, die Kennungen beinhalten, die mit „000“ enden. Die Gruppe 138 beinhaltet diejenigen Kontrolldatensätze 122, die Kennungen beinhalten, die mit „001“ enden, usw. In dem hier betrachteten Anwendungsfall werden also acht solcher Gruppen von Kontrolldatensätzen 122 gebildet.

Die Einsprungsadressen in die Gruppen 136, 138, ... sind in dem Index 140 gespeichert.

Wenn ein Datentelegramm 142 von dem Teilnehmer 100 (vgl. Figur 1) empfangen wird, so wird in dem Empfangs-Modul 116 auf den Index 140 zugegriffen, und zwar mit den drei niederwertigsten Bit-Positionen der Kennung des Datentelegramms 142 als Schlüssel. Lauten die drei niederwertigsten Bits der Kennung in dem Datentelegramm 142 beispielsweise „000“ so verweist der Index 140 auf die Gruppe 136.

Diese Gruppe 136 wird dann auf Kontrolldatensätze 122 hin durchsucht, die dieselbe Kennung aufweisen, wie die Kennung des Datentelegramms 142. Dies kann mit Hilfe eines Kompara-

tors 144 erfolgen. Wenn es sich bei der Kennung nicht um eine global eindeutige Kennung handelt, muss zusätzlich die Übereinstimmung der MAC-SA überprüft werden.

5 Von besonderem Vorteil ist hierbei, dass aufgrund der Gruppierung der Kontrolldatensätze 122 nicht sämtliche der in dem Empfangs-Modul 116 vorhandenen Kontrolldatensätze 122 auf eine übereinstimmende Kennung hin überprüft werden müssen, sondern nur die Kontrolldatensätze, die in der Gruppe beinhaltet
10 sind, auf die der Index 140 für eine bestimmte Belegung der niederwertigsten Bit-Positionen der Kennung in dem Datentelegramm 142 verweist. Auf diese Art und Weise kann die Suche nach dem, dem Datentelegramm 142 zugeordneten Kontrolldatensatz 122 besonders schnell erfolgen.

15

Nachdem der dem Datentelegramm 142 zugeordnete Kontrolldatensatz 122 auf diese Art und Weise ermittelt worden ist, werden die in dem Datentelegramm 142 beinhalteten Nutzdaten auf der Speicheradresse, die in dem Kontrolldatensatz 122 angegeben
20 ist, abgelegt.

Patentansprüche

- 5 1. Teilnehmer für ein Kommunikationssystem (102) zum Senden und Empfangen von Datentelegrammen, wobei ein Datentelegramm Nutzdaten und eine Kennung aufweist, wobei die Steuerung des Sendens und Empfangens von Datentelegrammen auf Kontrolldatensätzen (122) basiert, und ein Kontrolldatensatz eine Adresse für die Nutzdaten und die Kennung
10 des Datentelegramms aufweist, welches dem Kontrolldatensatz zugeordnet ist, mit
- einer Sendeliste (120), die eine erste Anzahl von Kontrolldatensätzen beinhaltet,
 - Schaltungsmitteln (128) zur Erzeugung eines zu sendenden Datentelegramms aufgrund eines Kontrolldatensatzes der Sendeliste,
 - eine zweite Anzahl (136, 138) von Kontrolldatensätzen,
 - Mitteln (140, 144) zur Zuordnung eines empfangenen
20 Datentelegramms zu einem der Kontrolldatensätze der zweiten Anzahl von Kontrolldatensätzen, wobei die Zuordnung aufgrund der Kennung des empfangenen Datentelegramms erfolgt.
- 25 2. Teilnehmer nach Anspruch 1, wobei es sich bei dem Kommunikationssystem um ein Kommunikationssystem von einem Ethernet Typ oder Real-time Ethernet Typ handelt.
- 30 3. Teilnehmer nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Sendeliste zur Verarbeitung innerhalb eines Zyklus vorgesehen ist.
- 35 4. Teilnehmer nach Anspruch 1, 2 oder 3, wobei die Sendeliste ein oder mehrere Steuerdatensätze (124) aufweist, die die Reihenfolge der Verarbeitung der ersten Anzahl von Kontrolldatensätzen bestimmen.

5. Teilnehmer nach Anspruch 4, wobei der Steuerdatensatz eine bedingte Sprungadresse auf einen Kontrolldatensatz der ersten Anzahl von Kontrolldatensätzen beinhaltet.
- 5 6. Teilnehmer nach Anspruch 5 mit einem Zyklus-Zähler (130) und wobei der Steuerdatensatz so ausgebildet ist, dass der Sprung zu der Sprungadresse bei jedem n-ten Zyklus erfolgt.
- 10 7. Teilnehmer nach Anspruch 6, wobei der Steuerdatensatz so ausgebildet ist, dass der n-te Zyklus durch Maskierung von Bit-Positionen der Zyklusnummer wählbar ist.
- 15 8. Teilnehmer nach einem der vorhergehenden Ansprüche 1 bis 7, wobei die Kontrolldatensätze der zweiten Anzahl von Kontrolldatensätzen gruppenweise gespeichert sind, und zum Zugriff auf einen Kontrolldatensatz über einen Index (140) erfolgt, wobei die Gruppe des Kontrolldatensatzes basierend auf der Kennung des empfangenen Datentelegramms bestimmt wird.
- 20 9. Kommunikationssystem mit mehreren Teilnehmern (100, 104, 106, 108) zum Senden und Empfangen von Datentelegrammen, wobei ein Datentelegramm Nutzdaten und eine Kennung aufweist, wobei die Steuerung des Sendens und Empfangens von Datentelegrammen durch zumindest einen der Teilnehmer auf Kontrolldatensätzen basiert, und ein Kontrolldatensatz eine Adresse für die Nutzdaten und die Kennung des Datentelegramms aufweist, welches dem Kontrolldatensatz zugeordnet ist, und wobei der zumindest eine Teilnehmer beinhaltet:
- 30 - eine Sendeliste (120), die eine erste Anzahl von Kontrolldatensätzen beinhaltet,
- 35 - Schaltungsmittel (128) zur Erzeugung eines zu senden-
den Datentelegramms aufgrund eines Kontrolldatensatzes der Sendeliste,

- eine zweite Anzahl (136, 138) von Kontrolldatensätzen,
 - Mittel (140, 144) zur Zuordnung eines empfangenen Datentelegramms zu einem der Kontrolldatensätze der
- 5 zweiten Anzahl von Kontrolldatensätzen, wobei die Zuordnung aufgrund der Kennung des empfangenen Datentelegramms erfolgt.

10 10. Kommunikationssystem nach Anspruch 9, wobei es sich bei dem Kommunikationssystem um ein Kommunikationssystem von einem Ethernet Typ oder Realtime Ethernet Typ handelt.

15 11. Kommunikationssystem nach Anspruch 9 oder 10, wobei die Sendeliste zur Verarbeitung innerhalb eines Zyklus vorgesehen ist.

20 12. Kommunikationssystem nach Anspruch 9, 10 oder 11, wobei die Sendeliste ein oder mehrere Steuerdatensätze (124) aufweist, die die Reihenfolge der Verarbeitung der ersten Anzahl von Kontrolldatensätzen bestimmen.

25 13. Kommunikationssystem nach Anspruch 12, wobei der Steuerdatensatz eine bedingte Sprungadresse auf einen Kontrolldatensatz der ersten Anzahl von Kontrolldatensätzen beinhaltet.

30 14. Kommunikationssystem nach Anspruch 13 mit einem Zyklus-Zähler (130) und wobei der Steuerdatensatz so ausgebildet ist, dass der Sprung zu der Sprungadresse bei jedem n-ten Zyklus erfolgt.

35 15. Kommunikationssystem nach Anspruch 14, wobei der Steuerdatensatz so ausgebildet ist, dass der n-te Zyklus durch Maskierung von Bit-Positionen der Zyklusnummer wählbar ist.

16. Kommunikationssystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche 9 bis 15, wobei die Kontrolldatensätze der zweiten Anzahl von Kontrolldatensätzen gruppenweise gespeichert sind, und zum Zugriff auf einen Kontrolldatensatz über einen Index (140) erfolgt, wobei die Gruppe des Kontrolldatensatzes basierend auf der Kennung des empfangenen Datentelegramms bestimmt wird.
17. Verfahren zum Senden und Empfangen von Datentelegrammen durch einen Teilnehmer (100, 104, 106, 108) eines Kommunikationssystems (102), wobei ein Datentelegramm Nutzdaten und eine Kennung aufweist, wobei die Steuerung des Sendens und Empfangens von Datentelegrammen durch den Teilnehmer auf Kontrolldatensätzen (122) basiert, und ein Kontrolldatensatz eine Adresse für die Nutzdaten und die Kennung des Datentelegramms aufweist, welches dem Kontrolldatensatz zugeordnet ist, mit folgenden Schritten:
- Erzeugung eines zu sendenden Datentelegramms aufgrund eines Kontrolldatensatzes einer ersten Anzahl von Kontrolldatensätzen einer Sendeliste (120),
 - Zuordnung eines empfangenen Datentelegramms zu einem Kontrolldatensatz einer zweiten Anzahl (136, 138) von Kontrolldatensätzen basierend auf der Kennung.
18. Verfahren nach Anspruch 17, wobei die Sendeliste innerhalb eines Zyklus verarbeitet wird.
19. Verfahren nach Anspruch 17 oder 18 wobei die Reihenfolge der Verarbeitung der Kontrolldatensätze der ersten Anzahl von Kontrolldatensätzen durch einen oder mehrere Steuerdatensätze (124) der Sendeliste bestimmt wird.
20. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 17, 18 oder 19, wobei ein bedingter Sprung zu einem Kontrolldatensatz der ersten Anzahl von Kontrolldatensätzen er-

folgt, wenn eine Bedingung des Steuerdatensatzes erfüllt ist.

- 5 21. Verfahren nach Anspruch 20, wobei die Erfüllung der Bedingung basierend auf einem Zyklus-Zähler geprüft wird.
- 10 22. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche 17 bis 21, wobei für den Zugriff auf einen Kontrolldatensatz der zweiten Anzahl von Kontrolldatensätzen zunächst auf einen Index (140) zugegriffen wird, um die Gruppe zu der der Kontrolldatensatz gehört, zu ermitteln, wobei der Index basierend auf den Kennungen der Datentelegramme gebildet wird.

Zusammenfassung

Teilnehmer für ein hochperformantes Kommunikationssystem

- 5 Die Erfindung betrifft einen Teilnehmer für ein Kommunikationssystem (102) zum Senden und Empfangen von Datentelegrammen, wobei ein Datentelegramm Nutzdaten und eine Kennung aufweist, wobei die Steuerung des Sendens und Empfangens von Datentelegrammen auf Kontrolldatensätzen (122) basiert, und ein
- 10 Kontrolldatensatz eine Adresse für die Nutzdaten und die Kennung des Datentelegramms aufweist, welches dem Kontrolldatensatz zugeordnet ist, mit
- einer Sendeliste (120), die eine erste Anzahl von Kontrolldatensätzen beinhaltet,
- 15 - Schaltungsmitteln (128) zur Erzeugung eines zu sendenden Datentelegramms aufgrund eines Kontrolldatensatzes der Sendeliste,
- eine zweite Anzahl (136, 138) von Kontrolldatensätzen,
 - Mitteln (140, 144) zur Zuordnung eines empfangenen Datentelegramms zu einem der Kontrolldatensätze der zweiten Anzahl von Kontrolldatensätzen, wobei die Zuordnung aufgrund
- 20 der Kennung des empfangenen Datentelegramms erfolgt.

FIG 1

FIG 1

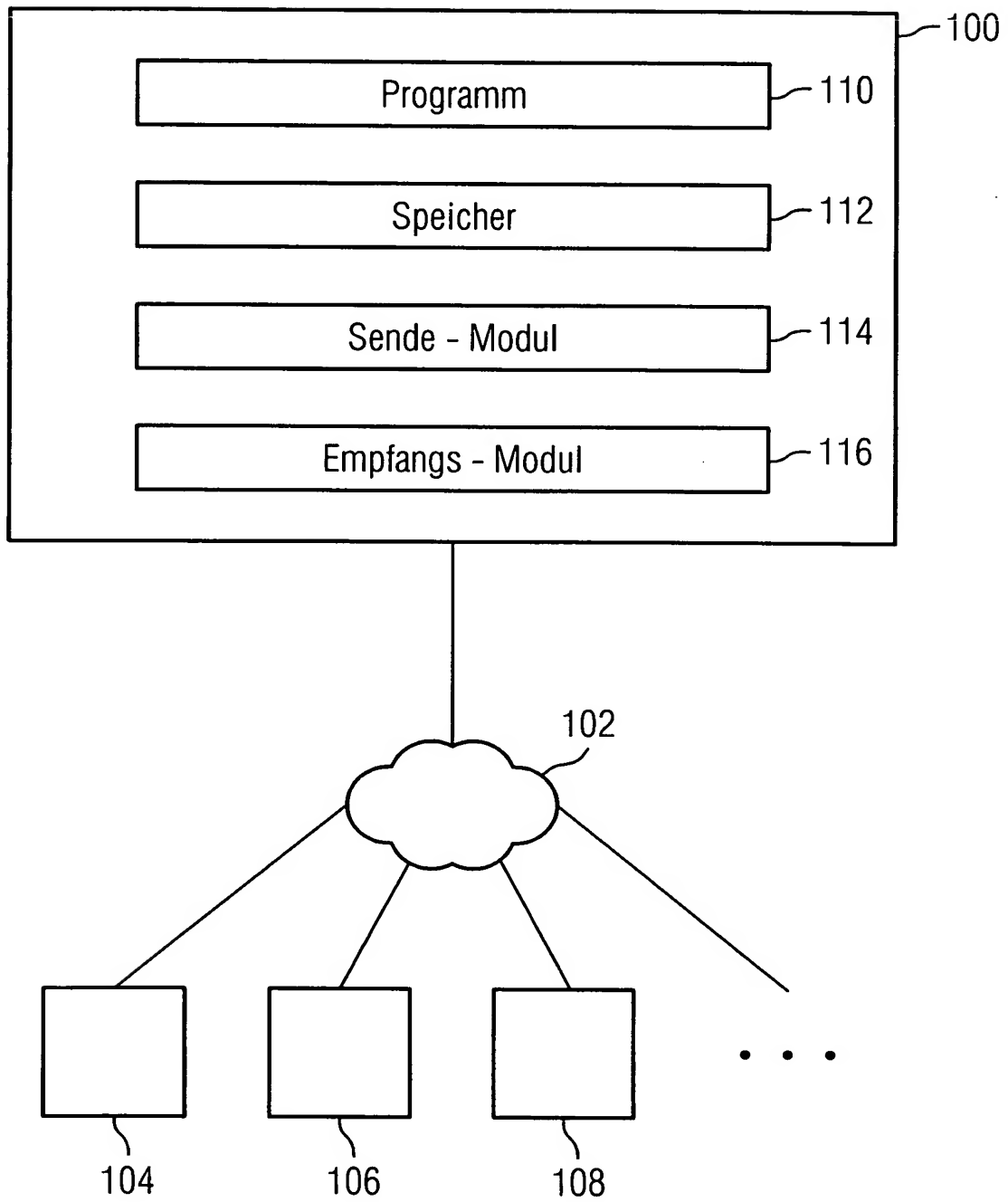


FIG 2

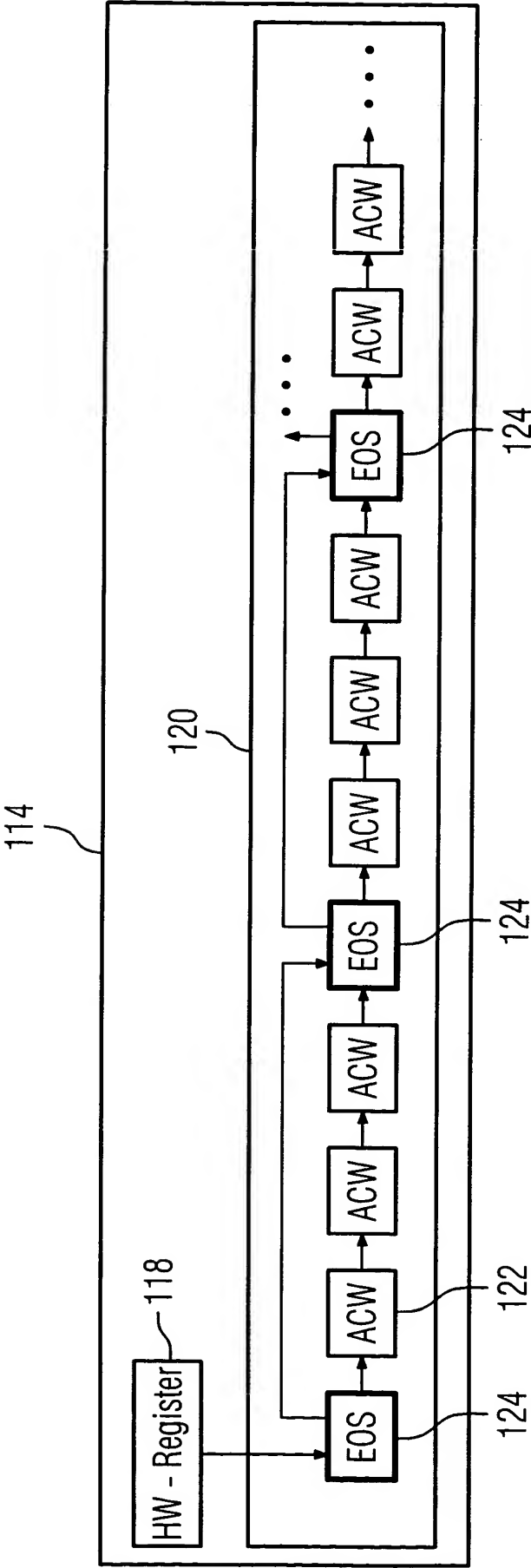


FIG 3

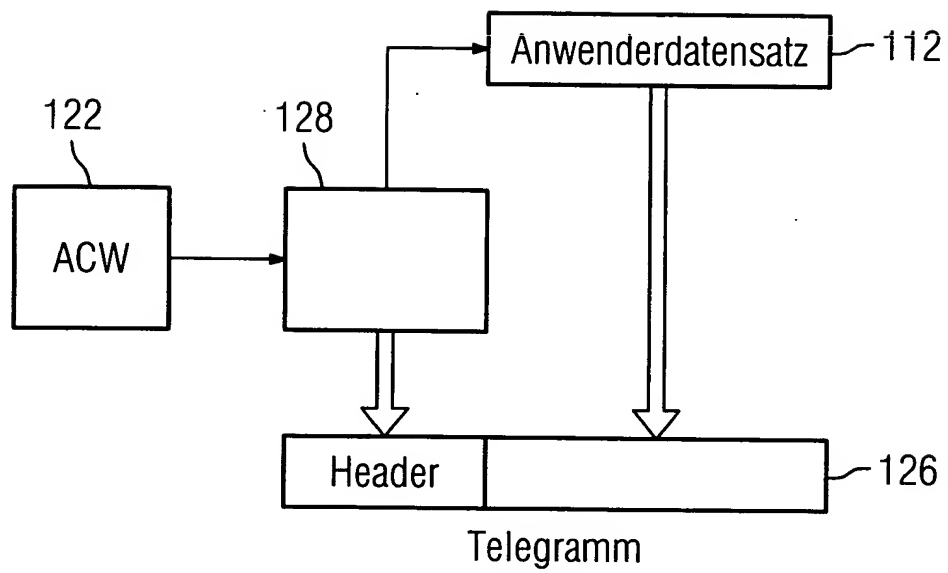


FIG 4

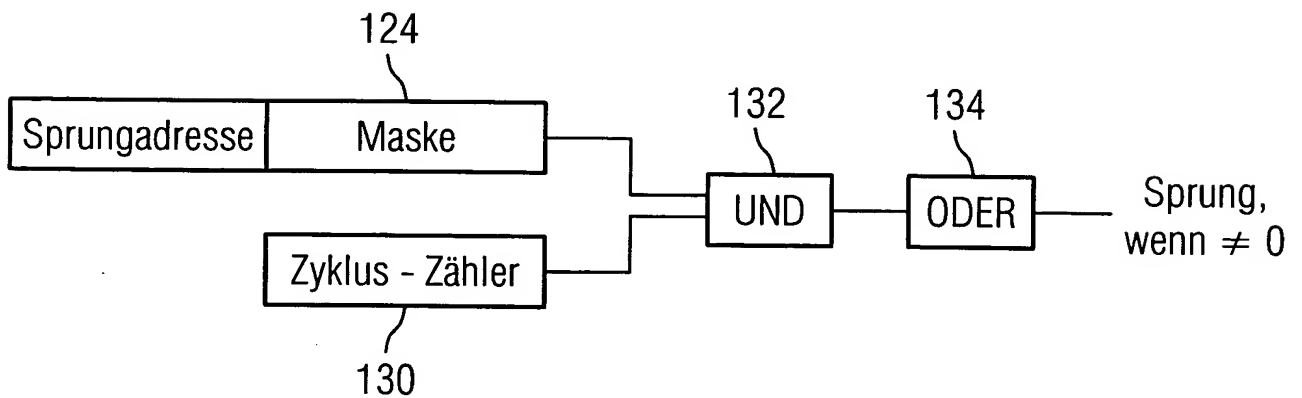


FIG 5

